

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-042768  
 (43)Date of publication of application : 13.02.2003

(51)Int.CI.

G01C 19/56  
 G01P 9/04  
 G01P 15/09  
 G01P 15/10  
 G01P 15/18  
 H01L 41/08

(21)Application number : 2001-258763

(71)Applicant : MICROSTONE CORP  
 TOMIKAWA YOSHIRO  
 NAGANO PREFECTURE

(22)Date of filing : 26.07.2001

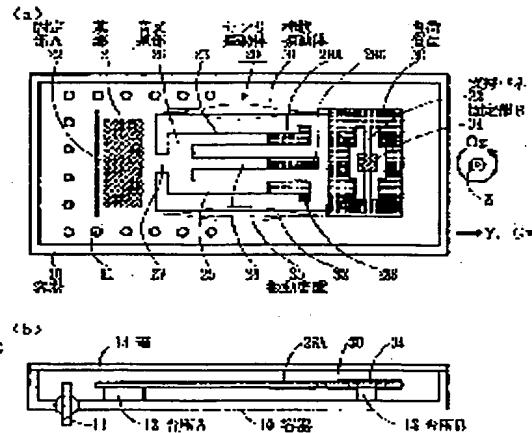
(72)Inventor : OKADA YOSHIYA  
 TAMURA HIDEKI  
 TOMIKAWA YOSHIRO  
 KUDO SEIICHI  
 KOITABASHI TATSUO  
 MISAWA MASAYOSHI  
 YONEKUBO TAKASHI  
 KUROKOCHI YASUKO

## (54) MOTION SENSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small-sized composite motion sensor with practical sensitivity and stability which can detect at least acceleration of one axis and an angular speed of one axis.

**SOLUTION:** The composite motion sensor is constituted by arranging a tuning fork which has a tuning-fork base part connected to a base part fixed to a base, and also has legs almost in parallel to rod type vibration bodies in the space surrounded with the rod type vibration bodies on both sides, the base, and a load mass while equipped with one or one set of the rod type vibration bodies arranged on both the sides in parallel, each rod type vibrating body molded out of one plate type piezoelectric material and having one end fixed to the base and the other end connected to the common load mass. Here, the composite motion sensor detects the acceleration of a specific direction by detecting variation or flexure of the natural vibration frequency of the rod type vibration bodies based upon an inertial force operating on the load mass, and the angular speed of rotation on an axis in the specific direction by detecting a Colioris force operating on the tuning fork.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

This Page Blank (uspto)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-42768

(P2003-42768A)

(43)公開日 平成15年2月13日(2003.2.13)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 C 19/56  
G 0 1 P 9/04  
15/09  
15/10  
15/18

識別記号

F I

G 0 1 C 19/56  
G 0 1 P 9/04  
15/09  
15/10  
15/00

テマコード(参考)

2 F 1 0 5

審査請求 未請求 請求項の数11 書面(全9頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2001-258763(P2001-258763)

(71)出願人 500020287

マイクロストーン株式会社

長野県北佐久郡御代田町大字草越1173番地  
1394

(71)出願人 591171057

宮川 錠朗

山形県米沢市林泉寺2丁目2番3-1号

(71)出願人 391001619

長野県

長野県長野市大字南長野字幅下692-2

(22)出願日

平成13年7月26日(2001.7.26)

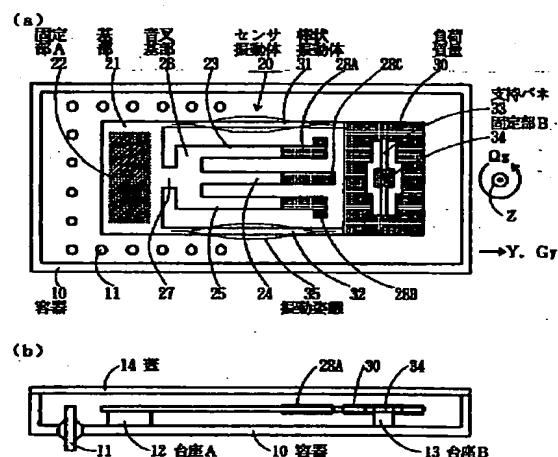
最終頁に続く

(54)【発明の名称】運動センサ

(57)【要約】

【課題】少なくとも1軸の加速度と1軸の角速度を検出することが可能で小型のサイズおよび実用的な感度と安定性を有する複合運動センサを提供すること。

【解決手段】1枚の板状の圧電材から成形されており、両側にほぼ平行に配置された1本あるいは1組の棒状振動体を備え、該棒状振動体はそれぞれ一端は基部に固定される基部に連結しており、他端は共通の負荷質量に連結している形状を有し、前記両側の棒状振動体と前記基部と前記負荷質量とに囲まれた空間の内部に前記基部と連続する音叉基部を有し各脚の方向が前記棒状振動体とほぼ平行な音叉を配置し、前記負荷質量に作用する慣性力に基づく前記棒状振動体の固有振動数の変化あるいは撓みを検出することによって所定の方向の加速度を検出し、前記音叉に作用するコリオリ力を検出することによって所定の方向の軸の回りの回転の角速度を検出することを特徴とする複合運動センサ。



### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1枚の板状の圧電材から成形されており、両側にほぼ平行に配置された複数の棒状振動体を備え、該棒状振動体はそれぞれ一端は台座に固定される基部に連結しており、他端は共通の負荷質量に連結している形状を有し、前記両側の棒状振動体と前記基部と前記負荷質量とに囲まれた空間の内部に前記基部と連続する音叉基部を有し各脚の方向が前記棒状振動体とほぼ平行な音叉を配置し、前記負荷質量に作用する慣性力に基づく前記棒状振動体の固有振動数の変化あるいは撓みを検出することによって所定の方向の加速度を検出し、前記音叉に作用するコリオリ力を検出することによって所定の方向の軸の回りの回転の角速度を検出することを特徴とする運動センサ。

【請求項 2】 前記音叉は3脚音叉であり、前記圧電材の板面に垂直な軸の回りの回転の角速度を検出することを特徴とする請求項 1 の運動センサ。

【請求項 3】 前記音叉は2脚音叉であり、該音叉の脚に平行な軸の回りの回転の角速度を検出することを特徴とする請求項 1 の運動センサ。

【請求項 4】 前記棒状振動体の固有振動数の変化により、棒状振動体の方向の加速度を検出することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかの運動センサ。

【請求項 5】 前記棒状振動体の前記圧電材の板面に平行な撓みを検出することにより、前記圧電材の板面に平行な方向の加速度を検出することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかの運動センサ。

【請求項 6】 前記棒状振動体の前記圧電材の板面に垂直な撓みを検出することにより、前記圧電材の板面に垂直な方向の加速度を検出することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかの運動センサ。

【請求項 7】 前記音叉の脚の分岐部は前記音叉基部によって前記基部が固定される前記台座から隔てられることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかの運動センサ。

【請求項 8】 前記負荷質量は前記台座に対して弾性的に支持されていることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかの運動センサ。

【請求項 9】 前記棒状振動体はそれぞれ近接した一对の桿型をなす棒状振動体から成っていることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれかの複合運動センサ。

【請求項 10】 前記板状の圧電材は水晶のZ板であることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかの運動センサ。

【請求項 11】 1枚の板状の圧電材から成形されており、両側にほぼ平行に配置された複数の棒状振動体を備え、該棒状振動体はそれぞれ一端は台座に固定される基部に連結しており、他端は共通の負荷質量に連結している形状を有し、前記両側の棒状振動体と前記基部と前記負荷質量とに囲まれた空間の内部に前記基部と連続する

音叉基部を有し各脚の方向が前記棒状振動体とほぼ平行な音叉を配置した少なくとも1個のセンサ振動体と、他の1枚の板状の圧電材から成形された他のセンサ振動体とを、同一容器内で所定の間隔および方向を保って平行に積層するように配置して台座に固定し、かつ前記センサ振動体が検出する加速度あるいは角速度の検出軸の方向と、前記他のセンサ振動体が検出する加速度あるいは角速度の検出軸の方向とのうちの少なくとも1つの検出軸の方向を互いに異ならせたことを特徴とする運動センサ。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は振動体に作用する力を検出して回転角速度および加速度を検出する、複合機能を有する運動センサに関し、特にセンサ用振動体の形状・構造に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】二脚あるいは三脚音叉にあらわれるコリオリ力を検出して、所定の軸の回りの回転角速度を検出する所謂振動ジャイロスコープが公知であり、各種の構成が既に多数提案されている。また一対の平行に配置した棒状振動体の両端を連結し、一端を固定し他端を負荷質量に結合した構造を有し、棒状振動体の方向に作用する加速度の大きさに応じて棒状振動体の固有振動数が変化することを利用して所定の方向の加速度センサを得る提案もされている。更にこれらを一体的に結合して一個のパッケージされたセンサによって1方向の角速度と1方向の加速度を検出しようとする複合運動センサが例えば特開2000-74673号によって提案されている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】我々は最後に例示したような少なくとも1軸の加速度と1軸の角速度を検出することが可能な複合機能を持つ運動センサを実用化すべく種々検討を重ねてきた。しかし我々の努力の範囲内では従来技術の範囲内にあるセンサ振動体の形態の中には、加速度および角速度に関して実用上十分な感度と安定性が得られる構成を見出すことが困難であったので、結局新規な構成を新たに提案せざるを得ないことが結論された。

【0004】本発明の目的は、少なくとも1軸の加速度と1軸の角速度を検出することが可能であって、小型のサイズおよび実用的な感度と安定性を有する複合機能を持つ運動センサを提供することである。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明の運動センサは次の特徴を備える。

(1) 1枚の板状の圧電材から成形されており、両側にほぼ平行に配置された複数の棒状振動体を備え、該棒状振動体はそれぞれ一端は台座に固定される基部に連結し

ており、他端は共通の負荷質量に連結している形状を有し、前記両側の棒状振動体と前記基部と前記負荷質量とに囲まれた空間の内部に前記基部と連続する音叉基部を有し各脚の方向が前記棒状振動体とほぼ平行な音叉を配置し、前記負荷質量に作用する慣性力に基づく前記棒状振動体の固有振動数の変化あるいは撓みを検出することによって所定の方向の加速度を検出し、前記音叉に作用するコリオリ力を検出することによって所定の方向の軸の回りの回転の角速度を検出すること。

【0006】本発明の運動センサは更に以下の特徴の少なくとも一つを備えることがある。

(2) 前記音叉は3脚音叉であり、前記圧電材の板面に垂直な軸の回りの回転の角速度を検出すること。

【0007】(3) 前記音叉は2脚音叉であり、該音叉の脚に平行な軸の回りの回転の角速度を検出すること。

【0008】(4) 前記棒状振動体の固有振動数の変化により、棒状振動体の方向の加速度を検出すること。

【0009】(5) 前記棒状振動体の前記圧電材の板面に平行な撓みを検出することにより、前記圧電材の板面に平行な方向の加速度を検出すること。

【0010】(6) 前記棒状振動体の前記圧電材の板面に垂直な撓みを検出することにより、前記圧電材の板面に垂直な方向の加速度を検出すること。

【0011】(7) 前記音叉の脚の分岐部は前記音叉基部によって前記基部が固定される前記台座から隔てられていること。

【0012】(8) 前記負荷質量は前記台座に対して弾的に支持されていること。

【0013】(9) 前記棒状振動体はそれぞれ近接した一対の枠型をなす棒状振動体から成っていること。

【0014】(10) 前記板状の圧電材は水晶のZ板であること。

【0015】上記目的達成のため本発明の運動センサはまた次の特徴を備えることがある。

(11) 1枚の板状の圧電材から成形されており、両側にはほぼ平行に配置された複数の棒状振動体を備え、該棒状振動体はそれぞれ一端は台座に固定される基部に連結しており、他端は共通の負荷質量に連結している形状を有し、前記両側の棒状振動体と前記基部と前記負荷質量とに囲まれた空間の内部に前記基部と連続する音叉基部を有し各脚の方向が前記棒状振動体とほぼ平行な音叉を配置した少なくとも1個のセンサ振動体と、他の1枚の板状の圧電材から成形された他のセンサ振動体とを、同一容器内で所定の間隔および方向を保って平行に積層するように配置して台座に固定し、かつ前記センサ振動体が検出する加速度あるいは角速度の検出軸の方向と、前記他のセンサ振動体が検出する加速度あるいは角速度の検出軸の方向とのうちの少なくとも1つの検出軸の方向を互いに異ならせたこと。

【0016】

【発明の実施の形態】図1(a)、(b)は本発明の第1の実施の形態における運動センサの内部構造を示す平面図および中央断面図である。10は薄い箱型で気密(好ましくは真空)の容器で、内部構造を示すため平面図(a)では蓋14を取り除いて示してある。11は容器の底部を貫通する多数のハーメチック端子ピンである。各ピンは運動センサ振動体20上の電極膜群の個々と例えばワイヤボンディングの手法で接続されるが、電極膜やボンディングワイヤは図示を省略してある。

【0017】センサ振動体20は1枚の圧電性材料の平板例えばPZT等の圧電性磁器の板や水晶のZ板(正確なZ板を数度傾けた板を含む)から成形されており、加速度センサ部(棒状振動体)と角速度センサ部(音叉)が一体化されている。圧電性磁器材料は圧電効果が強く励振が容易であるが、単結晶である水晶材の方が製品の特性が安定である。センサ振動体20は基部21の裏面の固定部A22(斜線部)と、小面積の固定部B34(斜線部)の裏面とが容器10に固定した台座12および13上に接着され支持されている。

【0018】水晶板より成るセンサ振動体20の方向を定義しておく。直交軸X、Y、Zをとり、Zを板の厚さ方向、Yを音叉脚や棒状振動体の方向、Xを振動体の幅方向とする。また検出する各方向の加速度をGx、Gy、Gz、角速度は検出する回転軸の方向を添字としてΩx、Ωy、Ωzとする。センサ振動体のサイズの一例を示すと、図1のZ方向の寸法(板厚)は約0.3mm、Y方向(全長)は約16mm、X方向(幅)は約6mmである。

【0019】角速度センサ部はいわゆる3脚音叉型の形状をした部分であり、各々L字型の外脚A23と外脚B25、真直な中脚C24、および音叉基部26、支点27より成る。外脚A23と外脚B25とは通常の2脚音叉と同様にそれぞれが片持ち梁的で形状の対称軸(図示せず)に関して対称な振動を行うよう、角速度測定回路に含まれる励振回路(圧電発振回路)によって一定振幅で励振させられている。

【0020】中脚C24は励振されないが、その撓みを検出するための表面電極(上下面および両側面に配置される。図示せず)を持っている。固定部とは異なるハッチングを付して示した28A、28B、28Cはそれぞれ付加質量で、固有振動数を下げかつ互いに等しくするために脚先端部に施した金属の厚メッキ層等より成る(中脚C24の固有振動数は、感度と安定性との兼ね合いで、両外脚の固有振動数と適宜に差をつけることがある)。

【0021】今センサ振動体20が図示の方向、即ち紙面に垂直なZ軸に平行な回転軸の回りに角速度Ωzで回転すると、両外側の振動脚には角速度に比例するコリオリ力が作用する。その方向は脚の長手方向であって、ある瞬間外脚A23に脚先端向きの力が作用すれば、外脚

B 2 5 には逆に脚の基部に向かう力が作用する。力の方向は脚の振動と同期して正弦的に変化し周期的に反転する。

【0022】2つの力は両外脚が平行に離れておりかつ付加質量の偏心方向も外脚軸に対して逆であるため偶力を構成し、音叉基部2 6 を振さぶり、支点2 7（他の実施の形態に示す如く、くびれた形状は必須ではない）の回りに微小な回転振動を惹起する。このコリオリ力によるモーメントにより中脚C 2 4 はコリオリ力に比例した振幅で振動する。中脚C 2 4 に設けた検出電極で抽出された振動電圧が角速度の検出信号である。

【0023】センサ振動体2 0 の加速度センサ部は1対の平行な振動する2本の棒状振動体と付加質量より成る。バネ部である棒状振動体A 3 1 、棒状振動体B 3 2 、負荷質量3 0（広い面積の素材板の一部の質量とその表面に施した厚メッキ材の質量とよりなる）。各々両端固定である棒状振動体A 3 1 、棒状振動体B 3 2 はセンサ振動体2 0 の対称軸に関して対称な（即ち同時に開閉する）弓形をなす振動姿態3 5 のように発振回路によって励振させられる。

【0024】2本の支持バネ3 3（負荷質量3 0 を弾性的に支持しながら図示X方向の僅かな変位を許すための部材）、固定部B 3 4（支持バネ3 3 と協働して負荷質量3 0 が過大に変位して他部材に激突しセンサ振動体が破損しないように運動を制限し緩衝するための部分）より成る。支持バネ3 3 は他部材例えば金属のコイルバネや板バネを負荷質量3 0 の上下から当接または固着させる等の構成もあり得るが、本例のように支持バネをセンサ振動体の材質と一緒にした場合には、バネ性の不安定要因を除いて検出作用を安定化することができる。

【0025】棒状振動体3 1 、3 2 の発振周波数は通常一定であるが、負荷質量3 0 に図示Y方向の加速度G<sub>y</sub>が作用すると、その大きさに比例する力で負荷質量3 0 は棒状振動体A 3 1 、棒状振動体B 3 2 をその長手方向に圧縮あるいは引張ることになり、その力の方向と大きさにより固有周波数が増減し変化する。そこで別途設けた基準周波数と発振周波数とを比較し、発振周波数の変化の方向と量を知ればY軸方向の加速度を求めることができる。

【0026】基準周波数源を別個に設けず、代わりに角速度センサ用の振動体である外脚A 2 3 、B 2 5 の発振周波数を適宜倍等の変換をして基準周波数として利用してもよい。また棒状振動体3 1 、3 2 を自励発振せずにその固有振動数とややずれた基準周波数で強制振動させ、その応答振幅を監視する方法もある。即ち棒状振動体の周波数—振幅特性曲線の傾斜部分に基準周波数を設定しておくと、応答振幅の変化から固有振動数のずれの方向と量を知ることができる。本実施の形態の運動センサの利点は薄型であり、例えは小型薄型であることと要求される腕時計型装置の最大の面（表示面）に平行に

配置して、腕の運動計測において重要な方向の加速度および角速度が検出可能であることである。

【0027】図2は本発明の第2の実施の形態におけるセンサ振動体の平面図である。説明の簡略化のために容器および断面図の表示を省略した。また既述の第1の実施の形態（図1）と同一あるいは対応する要素や方向には共通の記号を付しあるいは記号を省略して説明の反復を避けた。後続の他の実施の形態についても同じ方針で説明する。本例は第1の実施の形態とほとんど同一であるが、3脚音叉の外脚2 3 、2 4 の先端部が屈曲しておらず直立であり、負荷質量2 8 A 、2 8 B の重心は外脚2 3 、2 4 の中心軸上にある点のみが異なっている。本例の構造でも板面内の回転の場合、各外脚に作用するコリオリ力の偶力が中脚2 4 を振動させてるのでΩ<sub>y</sub>の検出ができる。

【0028】図3は本発明の第3の実施の形態におけるセンサ振動体を示し、（a）は平面図、（b）は中心断面図である。本例についても第1の実施の実施の形態（図1）と異なる部分のみ説明を加えれば十分であろう。本例における相違点は、まず各側の棒状振動体が1本ではなく、それぞれ3 1 A と3 1 B 、3 2 A と3 2 B の2本1組の構型としたことである。各1組の棒状振動体は第1の実施の形態における棒状振動体3 1 、3 2 と同様に対称的な弓形の振動姿態で振動する。負荷質量3 0 との相互作用で加速度G<sub>y</sub>を検出する原理は変わらない。しかし対称的に振動する要素が近接しているので力学的結合が強いためであろうが、電極配置が多少複雑化はするものの、例えば支持条件による振動数の変化が少なく、高い安定性が得られる長所がある。

【0029】また第1の実施の形態とのもう一つの相違点は、本例では基部2 1 と音叉基部2 6 を剛体的に連続させ、支点（図1の2 7）を設けていない点である。この点についてはセンサの特性上特に問題はなく、各脚上の電極膜からの引出し線を基部2 1 に導くための通路が広く取れるので製造上極めて有利となる。また音叉の脚の分岐部は音叉基部2 6 の存在によって、台座1 2 の縁から適宜の距離離してある。この構成は音叉の振動特性を支持条件の変化等に対して安定化するために有効である。

【0030】図4は本発明の第4の実施の形態におけるセンサ振動体の平面図である。本例においては角速度および加速度の検出軸の方向が第1の実施の形態とは異なっている。形状的な相違点は、まず両サイドの棒状振動体3 1 、3 2 の中间に2脚音叉が配置されている。2脚音叉による振動ジャイロスコープは良く知られており、音叉の対称軸（脚の方向）と平行な軸の回りの回転の角速度Ω<sub>y</sub>を、脚軸方向のコリオリ力による各脚の画面に垂直な方向の撓みの発生を表面電極（脚の上下面あるいは側面に近接平行して設けた電極が用いられる）によって検出する。

【0031】次に本例の加速度検出機構であるが、棒状振動体31、32の振動を用いないで、振動センサにX方向の加速度Gxが作用したことによる負荷質量30の-X方向の変位を棒状振動体31、32（一種の平行バネとして作用する）の撓み（静的な）によって検出す。負荷質量30がX方向に変位し易いように、支持バネ33はY方向に長くする。なお棒状振動体31、32を積極的には振動させないが、振動は可能な形態があるので、本例でも棒状振動体の要素名を用いた。

【0032】図5は本発明の第5の実施の形態におけるセンサ振動体を示し、(a)は平面図、(b)は側面図である。本例は2脚音叉を用いてΩyを検出する点は第4の実施の形態と同じであるが、加速度Gzを、負荷質量30のZ方向の変位を棒状振動体31、32の静的な撓みによって検出す。撓み検出用の電極は、各棒状振動体の上下面（あるいは側面）に近接平行して設ければよい。

【0033】本例では負荷質量30に支持バネ33と固定部Bを設けていないので棒状振動体31、32は

(b)に示したように片持ち梁的な変形をするが、もし支持バネ33と固定部Bを設けることもでき、その場合支持バネ33は負荷質量30のZ方向の小さな変位を許すので、負荷質量30の変位や棒状振動体31、32の撓みは第4の実施の形態にやや似て平行に近づくであろう。

【0034】以上に本発明のセンサ振動体は、1枚の平板状でありながら、各1方向の角速度、加速度が計測可能であることを説明した。本発明の既述の運動センサはコンパクトな形状でかつ十分高機能を持つが、これに更に異なる機能の板状センサを重ねて共通の容器内にパッケージすることで、容積の増加を僅かな程度に抑え、しかも検出可能な運動項目を増し、一層有用な（比較的小型であるにもかかわらず測定項目数が多い、即ち容積効率の良い）運動センサを得ることができる。そのような実施の形態の2つの例について以下に述べる。

【0035】図6は本発明の第6の実施の形態の運動センサを示し、(a)は内部平面図、(b)は容器の断面図（センサ振動体については側面図）である。本例では、第1の実施の形態（図1）に示した型のセンサ振動体20Dを下側（容器の底側）として台座12D、13Dにて支持し、第4の実施の形態（図4）に示した型のセンサ振動体20Uを上側（容器の蓋側）として台座12U、13Uをスペーサとして支持し、両者の長手方向を揃えて固定し1つの容器10（蓋は図示せず）内に納めた。なお接続は内部高さを2段に異ならせたハーメック端子ピン11の列（絶縁ガラス15で支持）と各センサ振動体上の接続パッド36D、36Uとをボンディングワイヤで結線した。この構成により測定できる4つの運動項目は平面図(a)の下部に示す通りであることが既述の説明から明らかである。なお容器内で一方のセ

ンサ振動体を逆向きに配置することも可能であろう。

【0036】図7は本発明の第7の実施の形態における運動センサの内部平面図である。本例においては第4の実施の形態（図4）に示した型のセンサ振動体20Dを下側とし、第5の実施の形態（図5）に示した型のセンサ振動体20Uを上側としてそれぞれの長手方向を交差させ、各々異なる高さを持つ台座の組（側面図を図示せず）の上に固定した複合運動センサである。本例によって測定できる運動項目は図の右部に示すように加速度2方向と角速度2方向である。なお付加質量には片持ちの計上の支持バネを用いた。

【0037】次に本発明の運動センサの電子回路部について図8、9を用いて説明する。図8(a)、(b)、(c)はそれぞれ本発明の実施の形態における、棒状振動体による加速度検出回路を例示するブロック図である。回路構成は要部のみ示し補助的な回路（例えば前置増幅器、インピーダンス変換器、D/AまたはA/D変換器等）は任意に補うことができるるので必要な場合があつても図示していない。また矢印は主たる信号の伝達の向きを表している。他図（図9）についても同様である。

【0038】回路例(a)は、既述の本発明の実施の形態の第1～第3に対して用い得る。圧電発振回路101は棒状振動体102上の駆動電極と結線されてこれを励振する。その振動電圧出力と、別に設けた安定な基準周波数源103の出力とは周波数変化分検出回路104によって比較され、発振周波数の変化分が検出される。その変化量は加速度の大きさに比例し、正負は加速度の向きを示し、加速度出力として使用できる。

【0039】回路例(b)もやはり本発明の実施の形態の第1～第3に対して用いられる。定周波数駆動回路105の安定した振幅の出力は、棒状振動体の駆動電極に印加され、棒状振動体をその固有振動数に近い一定周波数（山型をなす周波数一振幅特性曲線の傾斜部に設定する）にて強制駆動する。運動センサに長軸方向の加速度が作用すると棒状振動体の固有振動数が変化し、従って応答振幅が大または小に変化する。検出電極107に結線された振幅変化検出回路108によってその変化量を検出し、加速度出力とする。

【0040】回路例(c)は、本発明の実施の形態の第4または第5に対して適用される。本例では棒状振動体を振動させずに、運動センサに印加される加速度に比例する棒状振動体の撓み（変形）を、棒状振動体の撓み検出電極109に結線された撓み電圧検出回路110により直接アナログ的に検出し、加速度出力とする。

【0041】また図9(a)、(b)、(c)の各図は、センサ振動体の音叉部を用いた本発明の運動センサの角速度検出回路の例を示すブロック図である。回路例(a)は3脚音叉を用いた場合に適用される。圧電発振回路111は両外脚駆動電極112に結線され、両外脚

をいわゆる音叉モードで自励振動させる。板の面内回転により各外脚に発生したコリオリ力の偶力がその強さに比例した振幅で中脚を振動させてるので、中脚の検出電極 113 に発生した振動電圧を同期検波回路 114 にて同期検波し、平滑回路 (L P F 等) により平滑化して角速度に比例したアナログ出力とする。

【0042】回路例 (b) は 3 脚音叉の両外脚のみ、あるいは 2 脚音叉の両脚を用いて回路例 (a) と同様に板面 (音叉のいわゆる正面) に垂直な軸の回りの回転角速度を検出する場合に適用される。圧電発振回路 116 は音叉の右 (外) 脚駆動電極 117 と左 (外) 脚駆動電極 118 とに結合して音叉を自励振動させる。各脚の駆動電圧波形にはコリオリ力による誘起電圧成分を含んでるので、これらを差動増幅器増幅器 119 に入力して差を取りれば、等しい駆動電圧成分は相殺されて、コリオリ力のモーメントによる各脚の振動姿態の相違 (振動の位相および振幅) に基づく電圧成分のみが残る。これを同期検波回路 120 と平滑回路 121 により処理すればアナログの角速度出力が得られる。

【0043】回路例 (c) は、2 脚 (または 3 脚) 音叉の各脚 (または 3 脚音叉の両外脚) を用いて、音叉脚に平行な回転軸の回りの運動センサの回転の角速度を検出する場合 (例えば第 4 または第 5 の本発明の実施の形態) に用いられる構成である。圧電発振回路 122 は音叉の少なくとも一方の脚に設けた駆動電極 123 に接続されて音叉を励振する。コリオリ力に比例して発生する、音叉正面に垂直な方向の各脚の揺み振動を検出電極 124 (少なくとも一方の脚に設ける) にて検出し、これを同期検波回路 125、平滑回路 126 により処理し、アナログの角速度出力を得る。

【0044】以上で本発明の主要な実施の形態例に関する説明を終えるが、本発明の適用範囲は既述のもののみに限定されない。以下に実施の形態の変形例やその可能性について例示的に述べ、本発明の応用範囲が広いことを示す。

(1) 音叉による角速度検出機構と棒状振動体による加速度検出機構は実質的に独立しており不可分ではない。従って各実施の形態における角速度検出機構と加速度検出機構 (回路部の組み替えを含む) の構成を任意に組み替えて異なる検出方向や異なる特徴の組合せを得ることができる。

【0045】(2) 複数のセンサ振動体を共通パッケージに封入する場合のセンサ振動体の組み合わせも任意である。また 3 種のセンサ振動体をうまく選択してワンパッケージすれば、1 個の運動センサで 3 方向の加速度と 3 方向の角速度が測定でき、運動の全ての自由度をカバーすることもできる。なお本発明のセンサ振動体と組み合わされる他のセンサ振動体は、角速度検出機構と加速度検出機構の一方だけを持つもの (例えば音叉のみ) としてもよい。これは必要とする運動測定項目に応じて設

計される。

【0046】(3) 棒状振動体に励振電極と静的揺み検出電極の双方を設け、一個のセンサ振動体によって前者で G<sub>y</sub> を、後者で G<sub>x</sub> または G<sub>z</sub> (またはその両者) を検出できる。電極構造はかなり複雑化するが、それをある程度回避する手法として、各方向の測定を所定の周期と順序でサンプリング的に行い、一方電極を部分電極に分割してモザイク的に構成し、サンプリングのタイミングに合わせて部分電極の組み合わせを回路的に切替えつつ、各項目の測定動作を時分割的に行わせる構成が考えられる。

【0047】(4) 音叉にも脚の各方向への揺み成分を分離して検出できる電極を設けて、一個の音叉によって複数の回転方向の角速度を検出できるようにし、本発明の運動センサをより多機能化し得る可能性がある。この場合にも部分電極を設け、時分割的に組み換えてその都度所定の項目を測定すればよい。(5) 支持バネは図示したように 1 個でも 1 組でもよいし、屈曲形状として複数の方向への負荷質量の運動を許してもよい。

(6) 本発明はその他にも種々な変更をなし得るものである。

#### 【0048】

【発明の効果】本発明の運動センサにおいては、以下の諸効果を発揮することができる。

(1) 角速度検出部 (音叉) をセンサ振動体中央部に配置し、その周囲に加速度検出部 (棒状振動体) を配置したので、音叉は近接する各脚の力学的結合を保ち検出作用を良好にすると共に、加速度検出部を大型にしてその検出感度と安定度を高め、少なくとも 1 軸の加速度と 1 軸の角速度が検出できる実用的な運動センサが実現できた。

【0049】(2) 両検出部の合理的な配置によりスペースが有効活用され、センサ振動体を小面積とし小型の運動センサを得ることができた。

(3) センサ振動体は 1 枚の圧電材料から主としてフォトリソグラフィ手法により形成が可能なので、製造コスト的にも有利となる効果が得られた。

(4) 一つの基本構造を変更することによって異なる運動成分を測定可能とすることことができた。

【0050】(5) また音叉の脚の分歧部を台座から遠ざけたことにより、音叉の振動特性を安定化させることができる。

(6) また負荷質量を弾性的に支持することにより、運動センサに印加される衝撃を緩和し、破損を防止する構造が得られた。

(7) また棒状振動体を近接させ棒型として用いることにより、加速度検出特性を高度に安定化させることができます。

(8) また水晶 Z 板を材質に用いることにより、特性が極めて安定したセンサ振動体が比較的低コストで得られ

る効果がある。

(9) また複数の種類のセンサ振動体を共通の容器に封入した場合には、比較的小型であるにもかかわらず測定項目数の更に多い運動センサを得ることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の運動センサを示し、(a)は内部平面図、(b)は中心断面図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態におけるセンサ振動体を示し、(a)は平面図、(b)は中心断面図である。

【図3】本発明の第3の実施の形態におけるセンサ振動体の平面図である。

【図4】本発明の第4の実施の形態におけるセンサ振動体の平面図である。

【図5】本発明の第5の実施の形態におけるセンサ振動体を示し、(a)は平面図、(b)は側面図である。

【図6】本発明の第6の実施の形態の運動センサを示し、(a)は内部平面図、(b)は容器の断面図である。

【図7】本発明の第7の実施の形態における運動センサの内部平面図である。

【図8】(a)、(b)、(c)はそれぞれ本発明の実施の形態における加速度検出回路の例を示すブロック図である。

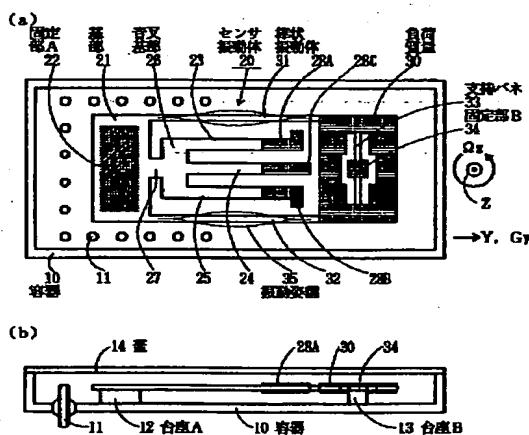
【図9】(a)、(b)、(c)はそれぞれ本発明の実施の形態における角速度検出回路の例を示すブロック図

である。

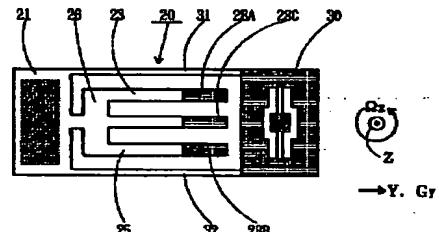
【符号の説明】

10 容器  
11 ハーメチック端子ピン  
12、13、12D、12U 台座  
14 蓋  
15 絶縁ガラス  
16 ボンディングワイヤ  
20 センサ振動体  
21 基部  
22 固定部A  
23、25 外脚  
24 中脚  
26 音叉基部  
27 支点  
28A、28B、28C、30 負荷質量  
31、32 棒状振動体  
33 支持ベネ  
34 固定部B  
35 振動姿態  
36D、36U 接続パッド  
101~126 運動センサ回路部の主要な機能ブロック  
G 加速度  
X、Y、Z 座標軸  
Ω 角速度

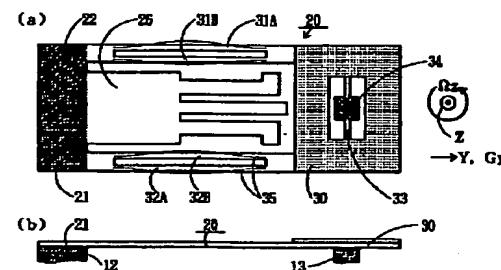
【図 1】



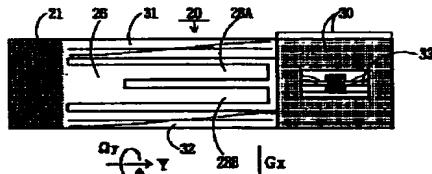
【図 2】



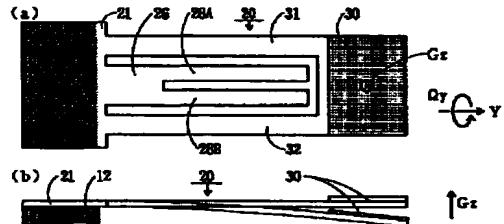
【図 3】



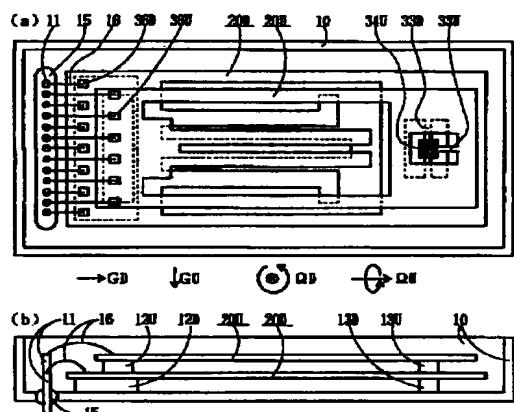
【図 4】



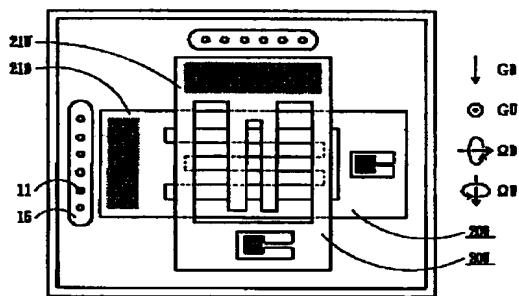
【図 5】



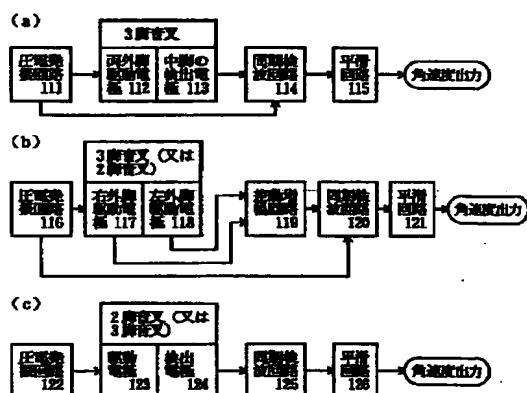
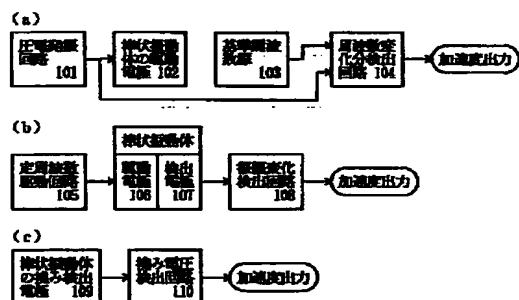
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7  
H 0 1 L 41/08

識別記号

F I  
H 0 1 L 41/08テーマコード(参考)  
Z(72) 発明者 岡田 恵也  
長野県北佐久郡御代田町大字草越1173番地  
1394マイクロストーン株式会社内(72) 発明者 田村 英樹  
長野県北佐久郡御代田町大字草越1173番地  
1394マイクロストーン株式会社内

(72)発明者 富川 義朗  
山形県米沢市林泉寺2丁目2番3-1号

(72)発明者 工藤 誠一  
長野県長野市若里1丁目18番1号 長野県  
工業試験場内

(72)発明者 小板橋 竜雄  
長野県長野市若里1丁目18番1号 長野県  
工業試験場内

(72)発明者 三澤 雅芳  
長野県伊那市大字手良中坪449番地

(72)発明者 米久保 庄  
長野県塩尻市大字片丘4691番地

(72)発明者 黒河内 靖子  
長野県諏訪郡下諏訪町西鷹野町4747番地-  
9

F ターム(参考) 2F105 BB04 BB13 BB15 CC01 CD02  
CD06 CD13

This Page Blank (uspto)